

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-313643

(43)Date of publication of application : 21.12.1988

(51)Int.Cl.

B22D 11/16

B22D 11/20

(21)Application number : 62-147126

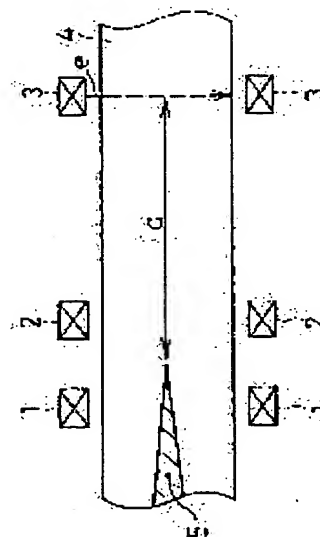
(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 15.06.1987

(72)Inventor : MOMOO AKIO  
KOJO MITSUYOSHI**(54) METHOD FOR CONTROLLING PERFECTLY SOLIDIFIED POSITION IN CONTINUOUS CASTING****(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To improve production yield of a cast slab by controlling casting velocity based on perfectly solidified assuming position found from ultrasonic propagation delay time with ultrasonic transceivers arranging at position, where the aimed perfectly solidified position in the cast slab is sandwiched, and also at the downstream side thereof.

**CONSTITUTION:** The ultrasonic transceivers 1W3 are respectively arranged at the position, where the aimed perfectly solidified position in the cast slab 4 is sandwiched, and also at the downstream side thereof. The perfectly solidified position is found from the ultrasonic propagation delay times with these ultrasonic transceivers 1W3 and by this, casting velocity is controlled, and the perfectly solidified position is controlled so as to coincide with the aimed position. By this method, the production yield is improved.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-313643

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>B 22 D 11/16  
11/20

識別記号

104

庁内整理番号

S-7516-4E  
A-7516-4E

⑬ 公開 昭和63年(1988)12月21日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全6頁)

⑭ 発明の名称 連続鋳造における完全凝固位置制御方法

⑰ 特 願 昭62-147126

⑱ 出 願 昭62(1987)6月15日

⑲ 発 明 者 桃 尾 章 生 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑲ 発 明 者 古 城 満 義 千葉県千葉市川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内

⑳ 出 願 人 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

連続鋳造における完全凝固位置制御方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 熔融金属を連続的に鋳造するに際し、鋳型から引き出された鋳片の目標完全凝固位置の下流側で該目標完全凝固位置の近傍にて、超音波送受信子対により測定した鋳片内の超音波伝はん時間より完全凝固位置を推定し、その推定値に基づいて鋳造速度を制御することを特徴とする連続鋳造における完全凝固位置制御方法。

(2) 熔融金属を連続的に鋳造するに際し、鋳型から引き出された鋳片の目標完全凝固位置を決んでその上流側近傍と下流側近傍にて、超音波送受信子対により鋳片内の超音波透過信号の有無を測定するとともに、前記下流側の測定位置のさらに少し下流側にて、超音波送受信子対により、鋳片内の超音波伝はん時間

を測定し、この2つの測定結果から完全凝固位置を推定し、その推定値に基づいて鋳造速度を制御することを特徴とする連続鋳造における完全凝固位置制御方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## &lt;産業上の利用分野&gt;

本発明は、連続鋳造における鋳片の完全凝固位置を精度よく推定し、目標範囲に制御する方法に関するものである。

## &lt;従来の技術&gt;

熔融金属の連続鋳造は、タンディッシュを通じて所定の断面形状の鋳型内に溶湯を注入しこれを下方から鋳片として連続的に引き出す。鋳型から引き出された鋳片の内部は、初め未凝固部を残し、下流にいくにしたがって凝固部が次第に増え遂に全体が凝固する。

このような連続鋳造において、鋳片の全体が凝固した完全凝固位置を正確に検出、制御することはいわゆるバルジング現象の防止対策や凝固未軽圧下などの中心偏析対策を行うために非常に重要

である。

従来、鋳片の完全凝固位置の検出、制御方法として、縦波超音波を用いて完全凝固位置を推定し凝固方程式をもちいて鋳造速度を変化させる方法がある。例えば、特開昭57-139458号では完全凝固点より上流で凝固厚みを測定し、各鋳造条件に応じて定まる定数を含む推定式で完全凝固位置を推定し乍ら、鋳造速度か冷却速度のいずれかを变化させて、完全凝固位置を制御していた。しかし、推定式に用いられる定数は、鋳造条件によって変化するのである。したがって、これら定数を精度よく測定しておく必要があるが、実際にそれら値をすべての鋳造条件に応じて精度よく測定することは非常に困難であり実用的ではない。

<発明が解決しようとする問題点>

本発明は、従来の完全凝固位置の推定方法の問題点であった定数の測定を最小限にし、精度よく完全凝固位置を推定、制御する方法を提供するためになされたものである。

<問題点を解決するための手段>

し、その推定値に基づいて鋳造速度を制御する連続鋳造における完全凝固位置制御方法、である。

<作用>

先ず、目標完全凝固位置の下流側近傍に1対の超音波送受信子対がある場合について第1図(a)にしたがって説明する。

完全凝固位置の推定方法と鋳造速度の変更方法について述べる。

本発明者らは、精密な伝熱計算から超音波送受信子対のある位置eから完全凝固完了点までの距離dと、e点での横波超音波の伝ばん時間 $\tau$ との間にはつぎの近似式が成立することを見出した。

$$d = \alpha \cdot \tau + \beta \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 $\alpha$ 、 $\beta$ は定数であり鋳造条件によって定まる。 $\tau$ とdとの関係の一例を第2図に示した。

鋳造速度の変更は、第1図(a)における超音波送受信子対3で測定した横波超音波の伝ばん時間 $\tau$ によって、その地点からの完全凝固点までの距離dを求め、それをベースに鋳造速度を変更する。

鋳造速度の変更はつぎのとおり行う。

本発明者らは、完全凝固位置の推定方法について鋭意研究を重ねた結果、横波超音波の鋳片内超音波伝ばん時間などを使用することによって鋳片の完全凝固位置を精度よく推定、制御できるとの知見をえ、この知見にもとづいてこの発明をなすに至った。

本発明は、①溶融金属を連続的に鋳造するに際し、鋳型から引き出された鋳片の目標完全凝固位置の下流側で該目標完全凝固位置の近傍にて、超音波送受信子対により測定した鋳片内の超音波伝ばん時間より完全凝固位置を推定し、その推定値に基づいて鋳造速度を制御する連続鋳造における完全凝固位置制御方法、②溶融金属を連続的に鋳造するに際し、鋳型から引き出された鋳片の目標完全凝固位置を挟んでその上流側近傍と下流側近傍にて、超音波送受信子対により鋳片内の超音波透過信号の有無を測定するとともに、前記下流側の測定位置のさらに少し下流側にて、超音波送受信子対により、鋳片内の超音波伝ばん時間を測定し、この2つの測定結果から完全凝固位置を推定

溶湯注入から完全凝固に至るまでの時間を $T_0$ 、鋳造速度変更前の鋳造速度を $V_0$ 、変更後の鋳造速度を $V$ とし、時刻 $T_0$ に鋳造速度を変更したとき $T_0 + \tau$ 時間でのメニスカスから完全凝固位置までの距離を $Y$ 、 $T_0$ 時でのメニスカスから鋳片までの距離を $X$ とすると、つぎの式が成立する。

$$\tau = (Y - X) / V \quad \text{----- (a)}$$

$$X / V_0 + (Y - X) / V = T_0 \quad \text{----- (b)}$$

$$Y = (V - V_0) \cdot \tau + V_0 \cdot T_0 \quad \text{----- (c)}$$

ここで鋳造速度が $V_0$ のとき横波超音波伝ばん時間から推定した完全凝固位置(メニスカスからの距離を $Z$ とする)が目標位置とずれていて、推定完全凝固位置を $f$ だけ移動させる(下流方向を正とする)ために必要な鋳造速度はつぎのとおりである。

$$V = (Z + f) / T_0 \quad \text{----- (d)}$$

$$\text{但し } T_0 = Z / V_0 \quad \text{----- (e)}$$

したがって鋳造速度を $V$ に変更する。

一方、鋳造速度変更に用いた $d = \alpha \cdot \tau + \beta$ ----- (1)式では近似式であるので鋳造速度変更の実績

BEST AVAILABLE COPY

に従って定数をつぎのように変更する。

すなわち完全凝固点の目標とする位置への移動完了時間は超音波送受信子対3における横波超音波伝はん時間の変化を調べ、この変化がなくなるまでの時間を $T'$ とし、メニスカスから完全凝固位置までの距離の推定値を $Z^*$ 、真値を $Z$ とすると推定値の誤差 $\delta (= Z^* - Z)$ は(9)式からつぎのとおりとなる。

$$\delta = (T' - T) V. \quad (10)$$

したがって(1)式の $\beta$ から $\delta$ だけ減じたつぎの式で完全凝固位置を推定しなおす。

$$d = \alpha \cdot \tau + \beta - (T' - T) V. \quad (11)$$

つぎに目標完全凝固位置の下流側のほかに、その上流側にも2対の超音波送受信子対を設置した場合について第1図(4)にしたがって説明する。

横波超音波は前述のとおり誘片での超音波伝はん速度と完全凝固位置までの距離との間に一定の関係をもつと共に、波相を透過しないという性質がある。従って目標完全凝固位置の上流側にある超音波送受信子対1、2の受信信号の有無によっ

第 1 表

超音波送受信子対No	1	2	完全凝固位置
受信信号	○	○	1の上流
	×	○	1と2の間
	×	×	2の下流

○：受信信号有、 ×：受信信号無

から現在の完全凝固位置までの距離、 $f'$ ：現在の完全凝固位置から望ましい完全凝固位置までの距離である。このとき誘造速度を $V_0$ から $V$ に変更すると、変更したときから超音波送受信子1の位置に完全凝固位置が移動するまでの時間 $T$ は、つぎのように計算される。

$$T = (L + f') / V \quad (12)$$

ところが、この誘造速度変更の際して用いた(1)式は近似式であり必ずしも望ましい位置に完全凝固位置を移動できるとは限らない。そのため(1)式を誘造速度変更の実績からつぎのように修正する。

すなわち、誘造速度変更後、時間 $T$ 以前の $T'$ に完全凝固位置の通過を目標完全凝固位置近傍の

て、完全凝固位置が超音波送受信子対1、2の下流にあるか否かを検出する事が可能である。そこで、この方法を用いて超音波送受信子対1、2を目標位置の上流と下流側に置き、完全凝固位置を常時監視し(第1表参照)、その位置がもし目標位置から外れているときは完全凝固位置を目標位置に入れるよう、誘造速度を変更すると共に、完全凝固位置が目標位置に移動するまでの時間も計算し、アクション時間を見積もっておく。ここで、もし、アクション時間に完全凝固位置が目標位置に移動していなければ、(1)式の定数を変化させ、推定精度を向上させる。以下、その方法について述べる。

完全凝固位置が超音波送受信子対1より $f'$ だけ上流にあると検出された場合、目標完全凝固位置に現在の完全凝固位置を移動させるために必要な誘造速度 $V$ はつぎのようになる。

$$V = \frac{L + f'}{L} V_0. \quad (13)$$

ここで $V_0$ ：現在の誘造速度、 $L$ ：メニスカス

超音波送受信子により検出した場合は、最初に推定した完全凝固位置が実際の凝固位置よりも $P$ だけ上流に存在したために完全凝固位置の移動が計算した時間 $T$ よりも早く行われたと考える。

ここで $P$ は、(4)式からつぎのように計算される。

$$P = (T - T') V \quad (14)$$

そこで、完全凝固位置の通過検出後、すぐに推定値 $f'$ が大きいと判断し(1)式の $\beta$ から $P$ だけ減じ、 $T$ 経過後、胴部にもどる。

逆に時間 $T$ 経過後も完全凝固位置の通過を検出できなかった場合は、実際の完全凝固位置が推定した位置よりも上流側であったために完全凝固位置がまだ上流に存在していた。つまり(1)式による推定値 $f'$ が小さすぎたと判断し、(1)式の $\beta$ に一定値を加え制御にもどる。

一方、超音波送受信子対3で測定した伝はん時間 $\tau$ から、完全凝固位置が超音波送受信子対2よりも $\delta$ だけ下流に存在すると推定された場合は、上記と同様に、変更すべき誘造速度 $V$ はつぎのとおりであり

$$V = \frac{L - g}{L} V_0 \quad (6)$$

移動にかかる時間Tはつぎのとおりである。

$$T = \frac{L - g}{V} \quad (7)$$

ただしgは現在の完全凝固位置から望ましい完全凝固位置までの距離である。

超音波送受信子対の配置は次のように行う。超音波送受信子対1、2との間の距離 $l$ は、目標完全凝固位置からメニスカスまでの距離をM、としたときに、 $0.015M \sim 0.03M$ とする。この長さを限定する理由は、たとえば、これが長すぎると、完全凝固位置制御の精度が落ち、また短かすぎるといわゆる不安定現象を引き起こす可能性があるためである。さらに超音波送受信子対3は、(1)式の近似を成立させるために超音波送受信子対2より、1～5m下流に配置する必要がある。1m以下もしくは5m以上であれば、(1)式の近似式の精度が著しく低下するためである。

#### <実施例1>

(6)のT、とほぼ同じであったため、式(1)の修正は行わず、このまま制御を続ける。

#### <実施例2>

第4図に、本発明の適用結果の他の一例を示す。

ここで、目標完全凝固位置はメニスカスより、0.9Mとし、超音波送受信子対1、2の間の距離を0.02M、超音波送受信子対3と2の距離は、2mとした。

第4図において、横軸は時間 $t$ であり、縦軸は上から、それぞれ、超音波送受信子対3による超音波伝はん時間、超音波送受信子対1、2の信号の有無、铸造速度である。主要铸造条件は、実施例1と同じである。

第4図は次のことを示している。すなわち、 $t = t_0$ で、超音波送受信子対1、2の信号から、完全凝固位置が望ましい位置0.9Mよりも上流にあると判断し、さらに超音波伝はん時間より、その位置を超音波送受信子対1よりも0.06M上流と(1)式を用いて推定する。これより、変更速度、移動完了時間をそれぞれ(3)、(4)式で計算し、変更す

第3図に本発明(1)の適用結果の一例を示す。铸造条件を第2図に示す。

ここで、目標完全凝固位置は、メニスカスより0.9Mとし、超音波送受信子対はこれより0.05M下流側に設置している。

第5図において、横軸は時間を、縦軸は上よりそれぞれ超音波伝はん時間、超音波送受信子対から完全凝固位置までの(推定)距離、铸造速度である。

第5図は次のことを示している。すなわち、 $t = t_0$ で超音波伝はん時間より式(1)を用いて完全凝固位置を求めたところ、目標位置よりも上流側に存在したために、铸造速度を上昇させた。その後、 $T' (= t_0 - t_1)$ 後に、超音波伝はん時間の変化がなくなったが、これは式(6)のT、と合っていなかったために、式(6)に従って式(1)を修正する。修正後、超音波伝はん時間より完全凝固位置を求めたところ、目標位置よりも下流側に存在したために、铸造速度を下げた。再び、 $t = t_1$ で超音波伝はん時間の変化がなくなり、これは式

#### 第2表

鋳片サイズ	230mm厚×1000mm幅
鋼種	低炭A2キルド鋼
溶鋼温度	1560℃
铸造速度(mm/min)	1.5(初期)

る。ところが、 $t = t_1$ で、移動完了時間T経過以前に完全凝固位置の通過を検出したので、(5)式により、 $\beta$ 値を0.83Mと変更し、 $t = t_1$ で伝はん時間から、再び(1)式を用いて完全凝固位置が超音波送受信子対2よりも0.03m下流にあると推定し、(6)、(7)式にて変更速度、移動完了時間を計算し変更する。

今度は、 $t = t_1$ で丁度移動完了時間経過後に完全凝固位置の通過を検出したので、 $\beta$ の変更は行わず、このまま制御を続ける。

第5図に本発明に係る実施例と本発明を用いない従来例との完全凝固位置の偏差比較の結果を示した。

図から明らかなように本発明の実施例の方が従

第 1 図

来例に比べて目標完全凝固位置からの偏差が著しく小さくなっている。従って本発明によると精度よく完全凝固位置を制御できる。

#### < 発明の効果 >

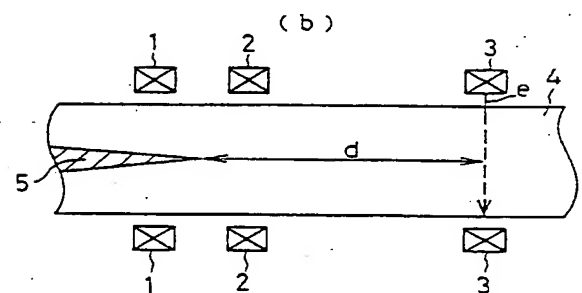
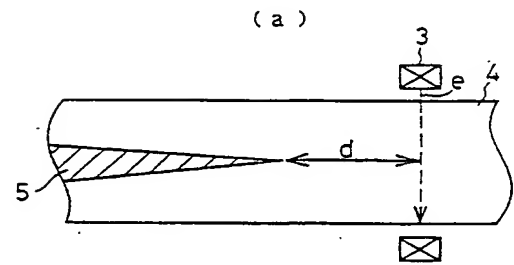
本発明によれば、非常に難しい凝固方程式の定数の測定を各製造条件ごとに測定することなしに、精度よく完全凝固位置を推定し、目標範囲に制御することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

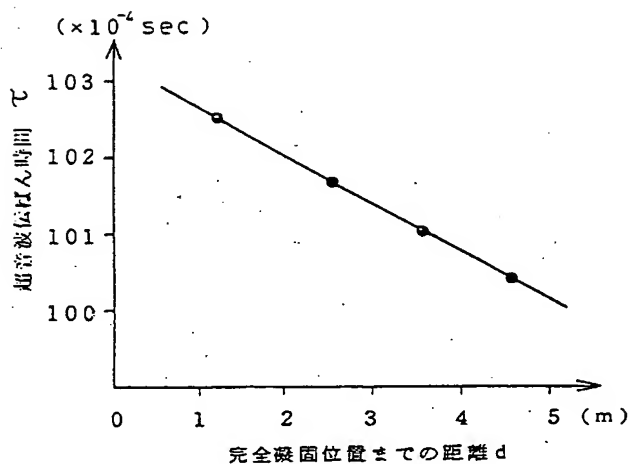
第 1 図は、本発明の方法を示す説明図、第 2 図は超音波伝はん時間とその測定点から完全凝固位置までの距離との関係(例)を示す特性図、第 3 図、第 4 図は、本発明の適用結果の例を示す特性図、第 5 図は、本発明の実施例および従来例との完全凝固位置の偏差を示すグラフである。

1、2、3…超音波送受信子対、4…鋳片、  
5…鋳片未凝固部

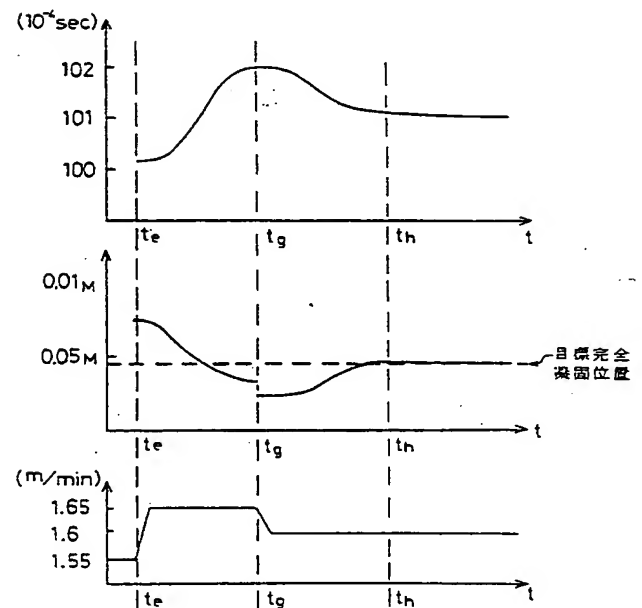
特許出願人 川崎製鉄株式会社



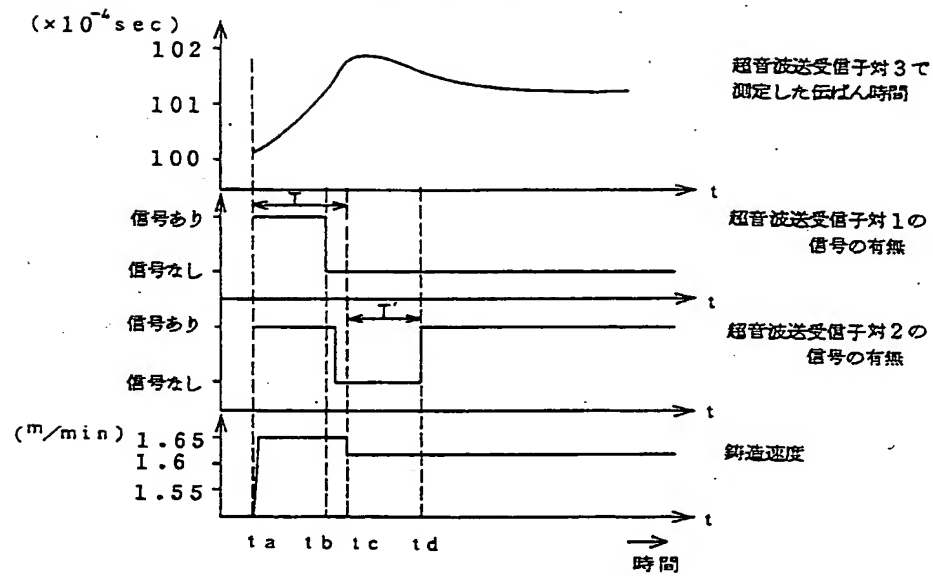
第 2 図



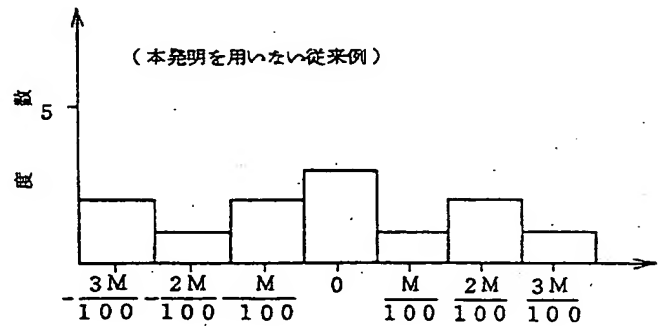
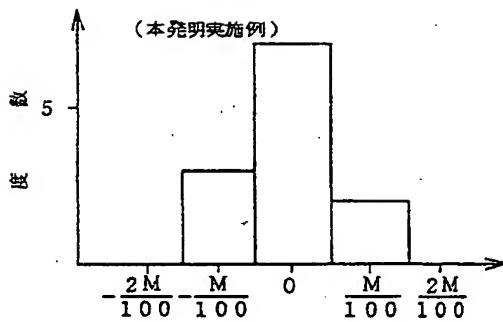
第 3 図



第 4 図



第 5 図



(注) M: メニスカスから目標完全凝固位置までの距離